

# Etude de la séparation de phases du bitume modifié par les déchets plastiques

Mohammed NOUALI<sup>1</sup>, Elhem GHORBEL<sup>2</sup>, Zohra DERRICHE<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Laboratoire Travaux Publics ingénierie des Transports & Environnement (LTPiTE), Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics - Francis Jeanson, Rue Sidi Garidi Vieux Kouba, Alger, Algeria. Postal address 16051.*

<sup>2</sup> *Laboratoire de Mécanique et Matériaux de Génie Civil (L2MGC), Cergy-Pontoise University, Voie Mail Gay-Lussac, Ville Neuville-sur-Oise Cergy-Pontoise, Paris, France. Postal address 95031.*

**RESUME** On a étudié dans ce travail, la stabilité au stockage à hautes températures du bitume modifié par les déchets de sachets plastique. Deux modes de stockage ont été utilisés, stockage sans agitation conformément à la norme et stockage avec agitation continue qui reflète plus fidèlement le stockage des bitumes dans la pratique. Des essais physiques et rhéologiques ont été utilisés pour évaluer la stabilité du bitume-plastique. Les résultats ont montré qu'il y a une séparation totale entre le bitume et les particules de plastique durant le stockage statique alors que ces dernières restent parfaitement distribuées durant le stockage sous agitation continue. L'étude de la stabilité au stockage à hautes températures du bitume-plastique a permis de démontrer que l'essai standardisé utilisé pour mesurer la stabilité au stockage à hautes températures des bitumes modifiés « exagère » la séparation de phases du bitume-plastique et donc la mesure de l'instabilité du liant

**Mots-clefs** Bitume modifié, déchets de sachet plastique, stabilité au stockage, séparation de phases.

## I. INTRODUCTION

L'un des problèmes communs entre les bitumes modifiés par les polymères (BmP) est l'instabilité au stockage de ces produits, c'est-à-dire la séparation de la phase riche en polymère de celle riche en bitume pendant le stockage à haute température et le transport du bitume modifié (de Carcer et al., 2014; Firoozifar et al., 2010; Fu et al., 2007; Lu and Isacsson, 1997). En réalité, le bitume subit une agitation continue dans le réservoir de stockage avant de le mélanger avec les agrégats. Tel que réalisé, l'essai de stabilité au stockage normalisé se fait sans agitation continue du bitume modifié ce qui amplifie le caractère instable de ce dernier. L'objectif de cette étude est d'étudier la stabilité au stockage du bitume modifié par les déchets de sachet plastique, i.e. la séparation de phases qui peut se produire entre le bitume et les particules de plastique durant le stockage à haute température. Pour ce faire, deux tests de stockage en été utilisés, stockage sans agitation (statique) conformément à la norme et stockage avec une faible agitation continue (300 tr/min) durant toute la période de stockage (48 h). Des essais physiques et rhéologiques ont été utilisés pour évaluer le potentiel de séparation de phases.

## II. MATERIAUX ET METHODES UTILISES

Le bitume pur utilisé dans cette étude est de classe 50/70. Les déchets de sachets en plastique utilisés sont principalement composés de polyéthylène de formule chimique générale  $(C_2H_4)_n$ . Le mélange bitume-plastique est malaxé à 170 °C à une vitesse de cisaillement de 1200 tr/min pendant 60 min. La teneur en plastique a été fixée à 0.7% de plastique en masse du bitume. Pour évaluer le potentiel de séparation de phases entre le bitume et les particules de plastique, les échantillons ont été stockés à hautes températures (163 °C) sans agitation (stockage statique) selon la norme et avec agitation continue (stockage dynamique). Après 48h de stockage, les échantillons ont été divisés en trois sections (supérieure, intermédiaire et inférieure), chaque section a été caractérisée par des essais rhéologiques afin de mesurer la séparation de phases.

## III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### III.1. Isochrones du module complexe de chaque section

Les isochrones à 1,6 Hz du module complexe de chaque partie du bitume-plastique après 48 heures de stockage sans et avec agitation continue sont présentés dans la figure 4. Dans le stockage statique (figure 1.A), les parties inférieure et intermédiaire présentent qualitativement le même comportement viscoélastique. Ces deux parties présentent pratiquement les mêmes modules complexes comparativement au bitume pur ce qui indique la quasi absence de plastique dans ces sections. La partie supérieure présente un comportement plutôt élastique, une faible variation en fonction de la température indiquant la présence d'une grande quantité de plastique dans cette section. Par contre dans le cas du stockage sous agitation continue (figure 1.B), les différentes parties présentent qualitativement les mêmes propriétés viscoélastiques. Le module complexe est pratiquement identique pour les trois sections et se trouve être proche de celui du bitume-plastique avant le stockage mais il est franchement plus important que le module du bitume pur pour toutes les plages de températures considérées. Ce résultat montre ainsi que chaque partie contient une fraction de plastique contrairement au stockage sans agitation continue où les particules de plastiques sont agglomérées dans la partie supérieure.

### III.2. Espace de Black de chaque section du bitume-plastique

La figure 2 montre l'espace de Black de chaque section du bitume-plastique après 48h de stockage. Dans le cas du stockage sous agitation continue (figure 2.B), les différentes sections (sup, inter et inf) sont thermorhéologiquement simples et obéissent au principe d'équivalence temps/température explicité par les courbes continues et identiques. Contrairement au cas du stockage sans agitation où le principe d'équivalence n'est pas applicable pour la partie supérieure thermorhéologiquement complexe, le graphique de l'angle de phase en fonction du module complexe donne un nuage de points présentant un désordre et ne suggérant aucune courbe comme montré sur la Figure 2.A. Dans le cas du stockage statique, l'espace de Black montre que le comportement rhéologique des deux phases, phase riche en plastique en haut et phase riche en bitume en bas, est totalement différent. Cependant dans le cas du stockage dynamique, les courbes de trois parties sont parfaitement identiques à celle du bitume-plastique avant le stockage. Ceci montre la parfaite distribution des particules de plastique sous la faible agitation continue durant le stockage à hautes températures.

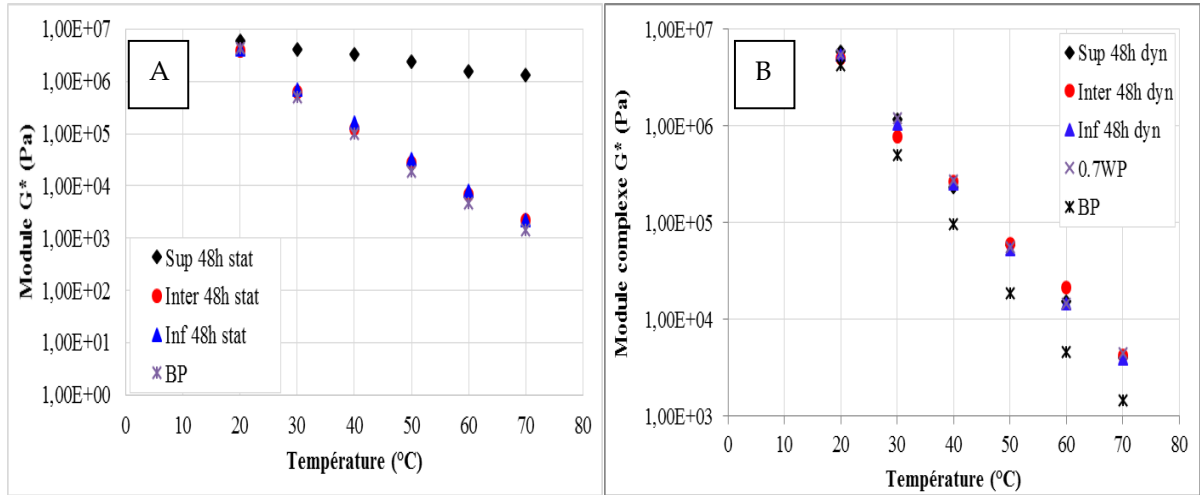


FIGURE 1. Isochrones du module complexe  $G^*$  des trois parties après 48h de stockage statique (A) et dynamique (B)

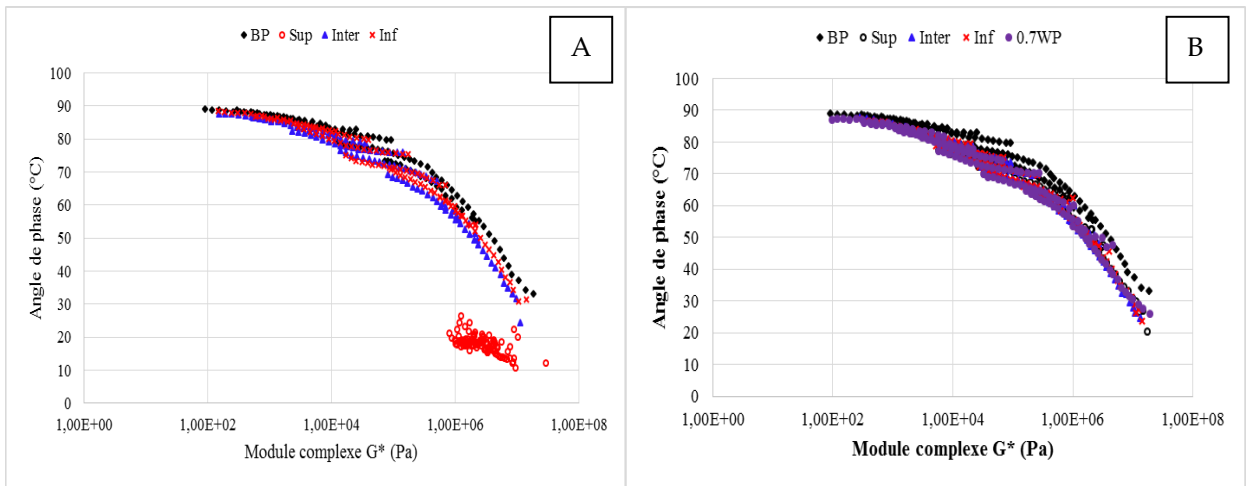


FIGURE 2. Espace de Black des trois parties après 48h de stockage statique (A) et dynamique (B)

### III.3. Indice de séparation de phases du bitume-plastique

En se basant sur les propriétés rhéologiques ( $G^*$ ) des parties supérieure et inférieure, l'indice de séparation de phases (Equation 1) a été calculé. On rappelle qu'il n'y a pas de séparation de phases si les valeurs de  $I_s$  sont proches de zéro.

$$I_{sG^*} = \log \frac{G^*_{inf}}{G^*_{sup}} \quad (1)$$

Les résultats (non présentés dans ce résumé) montrent clairement la différence entre les indices de séparation relativement aux deux modes de stockage, stockage statique sans agitation et stockage dynamique avec une faible agitation continue. L'indice de séparation,  $I_{sG^*}$ , du bitume-plastique durant le stockage statique est  $\gg 0$  contrairement aux celui calculé après le stockage dynamique où il est très proche de zéro sur toute la plage de température. Les résultats montrent clairement qu'aucune séparation entre le bitume et les particules de plastique se semble se produire durant le stockage dynamique, alors qu'il y a une nette séparation entre le bitume et le plastique durant le stockage statique.

#### IV. CONCLUSION

Dans cette étude on a analysé la séparation de phases qui se réalise entre le bitume et le plastique durant le stockage à hautes températures. En effet, les résultats ont montré que les trois parties de l'éprouvette stockée à haute température présentent pratiquement des caractéristiques proches après 48h de stockage dynamique montrant que chaque partie contient des particules de plastique et que le plastique reste bien distribué dans la matrice bitumineuse contrairement au stockage sans agitation continue où la partie supérieure (riche en plastique) et la partie inférieure (riche en bitume) présentent des caractéristiques très différentes montrant qu'il y a une séparation totale entre le bitume et le plastique. L'essai de stabilité au stockage selon la norme EN 13399 et ASTM D7173-11 ne reflète pas la réalité sur le stockage des bitumes dans les réservoirs sur le terrain. En réalité, le bitume subit une agitation continue dans le réservoir durant le stockage à l'effet de garantir l'homogénéité de la température dans le bitume durant toute la période du stockage du produit.

#### IV. REFERENCES

- Al-Abdul Wahhab, H.I., Dalhat, M.A., Habib, M.A., 2016. Storage stability and high-temperature performance of asphalt binder modified with recycled plastic. *Road Mater. Pavement Des.* 18, 1117–1134. <https://doi.org/10.1080/14680629.2016.1207554>
- de Carcer, Í.A., Masegosa, R.M., Viñas, M.T., Sanchez-Cabezudo, M., Salom, C., Prolongo, M.G., Contreras, V., Barceló, F., Páez, A., 2014. Storage stability of SBS/sulfur modified bitumens at high temperature: Influence of bitumen composition and structure. *Constr. Build. Mater.* 8.
- Firoozifar, S.H., Alamdary, Y.A., Farzaneh, O., 2010. INVESTIGATION OF NOVEL METHODS TO IMPROVE THE STORAGE STABILITY AND LOW TEMPERATURE SUSCEPTIVITY OF POLYETHYLENE MODIFIED BITUMENS 6.
- Fu, H., Xie, L., Dou, D., Li, L., Yu, M., Yao, S., 2007. Storage stability and compatibility of asphalt binder modified by SBS graft copolymer. *Constr. Build. Mater.* 21, 1528–1533. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2006.03.008>
- J. Youtcheff, N. Wijayatilleke, A. Shenoy, 2005. Evaluation of the Laboratory Asphalt Stability Test. Rep. No FHWA-HRT-04-111 Off. Infrastruct. Res. Dev. Fed. Highw. Adm.
- Lu, X., Isacson, U., 1997. Compatibility and storage stability of styrene-butadiene-styrene copolymer modified bitumens. *Mater. Struct.* 30, 618–626. <https://doi.org/10.1007/BF02486904>
- Pérez-Lepe, A., Martínez-Boza, F.J., Attané, P., Gallegos, C., 2006. Destabilization mechanism of polyethylene-modified bitumen. *J. Appl. Polym. Sci.* 100, 260–267. <https://doi.org/10.1002/app.23091>
- Pérez-Lepe, A., Martínez-Boza, F.J., Gallegos, C., 2007. High temperature stability of different polymer-modified bitumens: A rheological evaluation. *J. Appl. Polym. Sci.* 103, 1166–1174. <https://doi.org/10.1002/app.25336>
- Zhu, J., 2016. Storage Stability and Phase Separation Behaviour of Polymer-Modified Bitumen. Dr. Thesis Sch. Archit. Built Environ. Stockh. Swed.
- Zhu, J., Birgisson, B., Kringos, N., 2014. Polymer modification of bitumen: Advances and challenges. *Eur. Polym. J.* 54, 18–38. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2014.02.005>